

**Я. С. Семка\*, С. Е. Крылова**

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

\**yaroslav.semka@mail.ru*

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ НА СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОССТАНОВЛЕННОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ

Представлены результаты промышленной технологии восстановления поверхности коррозионно-стойких сталей методом лазерной наплавки. Приведен сравнительный анализ микроструктуры наплавленного износостойкого слоя, зоны сплавления с материалом основы и диффузионной зоны при разных технологических режимах наплавки. Произведен неразрушающий контроль наплавленного слоя на наличие дефектов и дюрометрические исследования.

*Ключевые слова:* лазерная наплавка, износостойкий слой, зона термического влияния, восстановление поверхности.

***Ya. S. Semka, S. E. Krylova***

## EFFECT OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF LASER CLADDING ON THE STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF THE RECOVERED PARTS OF THE SURFACE LAYER

The results of the industrial technology of restoration of the surface corrosion-resistant steel by laser cladding. A comparative analysis of the microstructure of the deposited wear-resistant layer of fusion zone with the base material and the diffusion zone at different technological welding modes. Produced non-destructive testing of the deposited layer in the presence of defects and control the hardness.

*Keywords:* laser cladding, wear-resistant layer, heat affected zone, surface recovery.

Существует множество методов восстановления изношенных поверхностей деталей машин, среди которых одним из наиболее актуальных является лазерная наплавка. Данный метод применим при восстановлении изношенных или поврежденных поверхностей деталей машиностроительной отрасли, таких как роторы, коленчатые валы, инструмент сложной геометрии и др. При этом лазерная наплавка является экономически выгодным процессом с точки зрения материальных затрат и времени на обработку.

В условиях ООО «Технология», г. Оренбург, процесс лазерной наплавки осуществляется на роботизированном лазерном комплексе, основанном на мощном многомодовом иттербиевом волоконном лазере непрерывного действия ЛС-2. Наплавка осуществляется коаксиальным методом, наплавочной порошковой самофлюсующейся композицией в среде защитных газов. При коаксиальной наплавке газопорошковая смесь подается в зону воздействия лазерного излучения симметрично сжимающимся в фокус конусом. Внешний вид комплекса лазерной наплавки представлен на рис. 1. Рабочие параметры лазерной установки ЛС-2 приведены в таблице.

Процесс обеспечивает симметричность относительно направления наплавки, высокую производительность, равномерность формирования валиков, высокий коэффициент использования присадочного материала.



Рис. 1. Внешний вид комплекса лазерной наплавки.

Параметры лазерной установки ЛС-2

Тип	Длина волны, нм	Мощность, Вт	Режим генерации лазера	Класс опасности
Иттербиевый волоконный лазер	1070	2000	Непрерывный (НГ)	IV

При лазерной наплавке и термической обработке, в зависимости от режимов обработки, теплофизических характеристик поверхностного слоя

и основного материала, а также структурного состояния наплавляемого и обрабатываемого материалов, возможна реализация различных процессов структурообразования. Одновременное действие множества факторов, таких как образование и растворение карбидов, насыщение матрицы легирующими компонентами, мартенситное превращение, микрохимическая неоднородность и другие процессы, усложняет прогнозирование свойств готового изделия и приводит к необходимости проведения предварительных исследований с целью отработки оптимальных параметров процесса лазерной наплавки порошковыми материалами [1].

Отработка режимов наплавки велась на низкоуглеродистых нержавеющей сталях 20Х13 и 30Х13 ( $\sigma_b = 640\text{--}730$  МПа,  $\sigma_{0,2} = 440\text{--}580$  МПа,  $\delta = 12\text{--}16$  %) в отожженном состоянии. Исходя из требований к структуре, химическому составу и твердости поверхностного слоя, учитывая состав и свойства основного материала, была подобрана наплавочная порошковая композиция ПР-20Х13Н2: ПР-СР2 в соотношении 3:1, представляющая собой самофлюсующуюся порошковую смесь с размером фракции 40–100 мкм.

После лазерной наплавки провели микроскопический анализ наплавленного слоя и диффузионной зоны на электронном микроскопе *JEOL JCM-6000 Nescop* II. Твердость измеряли по методу Виккерса на твердомере *HVS-10* с погрешностью  $\pm 5$  МПа. Определение микротвердости проводили с помощью микротвердомера ПМТ-3 при нагрузке 0,96 Н шагом 0,1 мм. Результаты структурного анализа представлены на рис. 2.

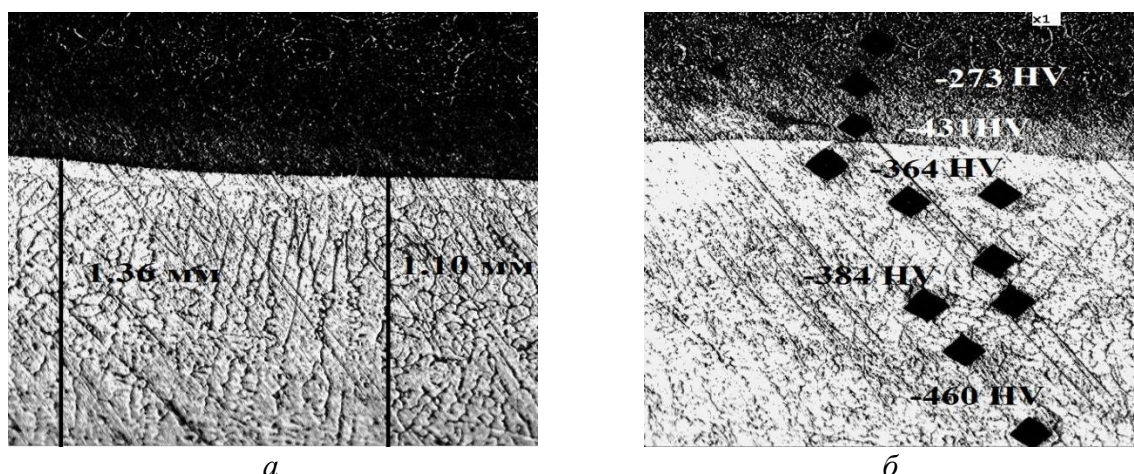


Рис. 2. Микроструктура зоны сплавления образца и наплавленного слоя 20Х13:

*а* – толщина наплавленного слоя,  $\times 100$ ;

*б* – распределение микротвердости по зонам наплавки,  $\times 500$

Анализ структуры и дюротметрические исследования наплавленного слоя и зоны сплавления показывают, что структура поверхностного слоя

представляет собой мартенсит с равномерно распределенными карбидными включениями  $(Cr, Fe)_{23}C_6$ . Ближе к зоне сплавления наблюдается структура, состоящая из вытянутых столбчатых кристаллов, имеющих неправильную форму и направление роста, соответствующее теплоотводу и пропорциональное градиенту температур. Структура основы образована зернами сорбита и небольшими частицами карбида  $(Cr, Fe)_{23}C_6$ .

Результаты измерения микротвердости представлены на рис. 3. Твердость наплавленного слоя находится в пределах 400–460 *HV*, что соответствует упрочненному структурному состоянию, не вызывает сложностей при механической обработке наплавленной поверхности, что полностью соответствует требованиям ТКД на данный вид восстановления поверхности [2]. Преимуществом наплавки такой композицией порошковой смеси является низкая склонность к трещинообразованию. Заметно небольшое повышение микротвердости в зоне термического влияния, ЗТВ, что объясняется образованием более сложного строения переходной диффузионной зоны на кристаллическом уровне. Далее следует закономерное изменение микротвердости до уровня металлической основы 270–300 *HV*.

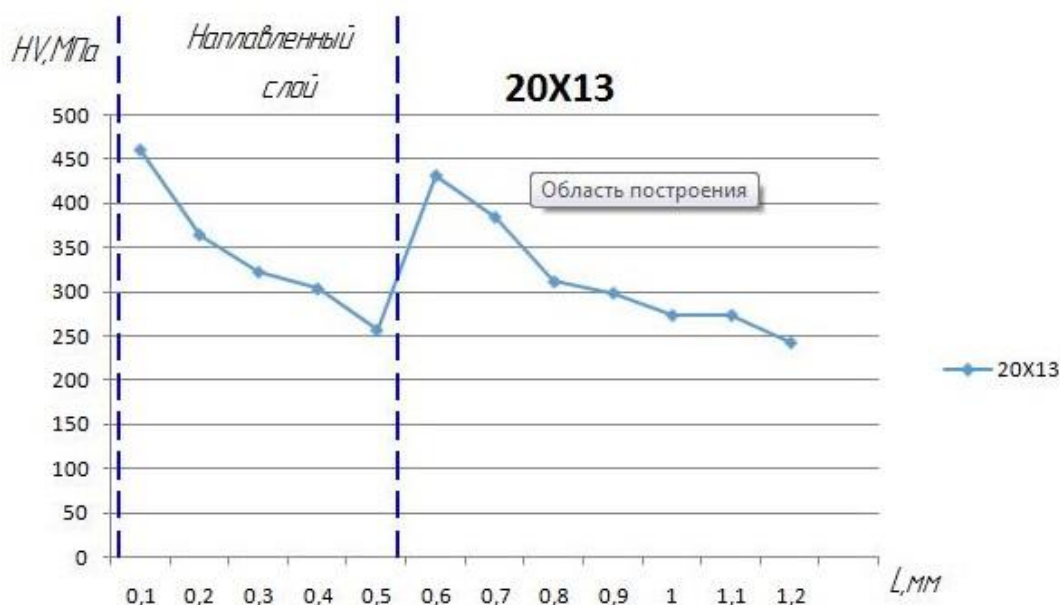


Рис. 3. Графики распределения микротвердости по глубине наплавленного слоя

Применяемый режим лазерной наплавки обеспечивает формирование износостойкого слоя, соответствующего техническим требованиям изношенной детали, отклонения от которого приводят к образованию таких классических видов дефектов, как тещины, поры, занижение по высоте, отслоение покрытия и трещины после механической обработки [3].

Однако для более детального изучения процесса лазерного восстановления и упрочнения, оптимизации работы оборудования, повышения производительности и универсальности процесса требуется отработка технологических параметров наплавки, оказывающих непосредственное влияние на качество восстановления. В связи с чем изучение влияния, скорости вращения, расхода наплавочной композиции, степени перекрытия валиков при наплавке, мощности и фокусировки лазерного излучения является обоснованным и необходимым, что предопределяет почву для дальнейших исследований в конкретных условиях производства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов А. В. Особенности оценки технологических возможностей промышленных лазеров // Технология машиностроения. 2011. № 11. С. 34–36.
2. Панченко В. Я. Лазерное спекание металлических порошков для изготовления изделий машиностроения с градиентными свойствами // Технология машиностроения. 2011. № 11. С. 10–14.
3. Богданов А. В. Особенности оценки технологических возможностей промышленных лазеров // Технология машиностроения. 2011. № 11. С. 34–36.